

**“ESTUDIO MULTITEMPORAL DE AFECTACIÓN POR  
ACTIVIDADES AGROPECUARIAS EN EL PARAMO GUERRERO  
UBICADO AL NORTE DEL DEPARTAMENTO CUNDINAMARCA  
ENTRE LOS AÑOS 2001 Y 2016”**

**ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA**  
**Trabajo como requisito para optar por el Título de Especialista en**  
**Geomática**

**PRESENTADO POR:**  
**Ing. LUIS STEVENS BLANCO GONZÁLEZ**

**PRESENTADO A:**  
**Ing. FELIPE RIAÑO PÉREZ**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA – ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA**  
**BOGOTÁ D.C.**  
**2017**

# **ESTUDIO MULTITEMPORAL DE AFECTACIÓN POR ACTIVIDADES AGROPECUARIAS EN EL PARAMO GUERRERO UBICADO AL NORTE DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA ENTRE LOS AÑOS 2001 Y 2016.**

**Multitemporal Study Of Affectation By Agricultural Activities In  
Paramo Guerrero Located North Of The Cundinamarca  
Department Between The Years 2001 And 2016.**

Luis Stevens Blanco Gonzalez  
Ingeniero Topográfico, UDFJC  
Universidad Militar Nueva Granada, Especialización em Geomática  
Bogotá D.C., Colombia  
ing.lblancog@gmail.com

## **ABSTRACT**

The multitemporal study allows the detection of changes in a specific region using classification techniques based on a comparison of coverage between satellite images (in this case) of different temporality, obtaining a territory typification for each image separately in order to evaluate its information and then determine the changes either by natural consequences or by human influence. Having said that, it is necessary to note that the purpose of this study is to evaluate the affectation by agricultural activities in the Páramo Guerrero located to the north of the department of Cundinamarca using satellite images Landsat between the years of 2001 and 2016.

Likewise, this research intends to determine the existing agricultural areas in the entire territory of the Páramo and its evolution and / or variation over the years, by carrying out a supervised classification using the PCI Geomatics software in order to obtain an approximation of The coverings of the existing soil, especially in search of the identification of transient crops located in the study area and respectively, analyze the resulting information using Arcmap calculating their increase or decrease as appropriate evaluating the affectation of the páramo ecosystem.

**Keywords:** Multitemporal Study, Paramo Guerrero, Landsat satellite imagery, supervised classification, PCI Geomatics, Arcmap

## RESUMEN

El estudio multitemporal permite detectar cambios en una región determinada empleando técnicas de clasificación a partir de una comparación de coberturas entre imágenes satelitales (en este caso) de diferente temporalidad, logrando así una tipificación del territorio para cada imagen por separado a fin de evaluar su información y posteriormente determinar los cambios ya sea por consecuencias naturales o por influencia del ser humano. Dicho lo anterior, es preciso anotar que el propósito de este estudio es evaluar la afectación por actividades agropecuarias en el Páramo Guerrero ubicado al norte del departamento de Cundinamarca utilizando imágenes satelitales Landsat entre los años de 2001 y 2016.

Así mismo, esta investigación pretende determinar las áreas agropecuarias existentes en la totalidad del territorio del Páramo y su evolución y/o variación a través de los años, realizando para ello una clasificación supervisada utilizando el software PCI Geomática con el fin de obtener una aproximación de las coberturas del suelo existente, especialmente en búsqueda de la identificación de cultivos transitorios localizados en la zona de estudio y respectivamente, analizar la información resultante mediante Arcmap calculando su incremento o decremento según corresponda evaluando la afectación del ecosistema de páramo.

**Palabras Claves:** Estudio Multitemporal, Páramo Guerrero, Imágenes satelitales Landsat, Clasificación supervisada, PCI Geomática, Arcmap

## INTRODUCCIÓN

Hace aproximadamente sesenta años, José Cuatrecasas definió al Páramo como extensas regiones desarboladas que coronan las sumidas cordilleras por encima del bosque andino, desde 3800 m.s.n.m. (localmente 3200 m.s.n.m) y que pueden dividirse en los subpisos: subpáramo, paramo propiamente dicho y superpáramo [1]. No obstante, las condiciones topográficas en Colombiana hacen que el ecosistema de Páramo no se pueda generalizar en ese contexto gracias a las tres cordilleras que bañan nuestro territorio.

Por otro lado, Diana Pombo, una de las más reconocidas ambientalistas de

Colombia, considero al Paramo como una unidad ecología de gran importancia para la regulación de los flujos de agua debido a su capacidad de retener en sus suelos hidromórficos grandes volúmenes de agua y controlar su flujo a través de las cuencas hidrográficas, dicho de otro modo, el páramo es un banco de agua que abastece el territorio [2]. Cabe mencionar, que gracias a estas condiciones climáticas y topográficas, este ecosistema alberga gran cantidad de especies endémicas de flora y fauna como lo son el frailejón y la rana Susaguae.

En el año 2013 el Instituto de Investigación de Recursos Alexander Von Humboldt con su proyecto de cartografiar los páramos de Colombia

bajo la iniciativa “Diversidad, territorio e historia” identifico 2’906.137 hectáreas de ecosistemas paramunos [3] entre ellos, el sistema de paramos Guerrero ubicado al Norte del departamento Cundinamarca en las zonas altas de los municipios de Zipaquirá, Subachoque, Cogua, Tausa, Carmen de Carupa, Pacho, San Cayetano y Susa con una área aproximada de 43.000 Ha.

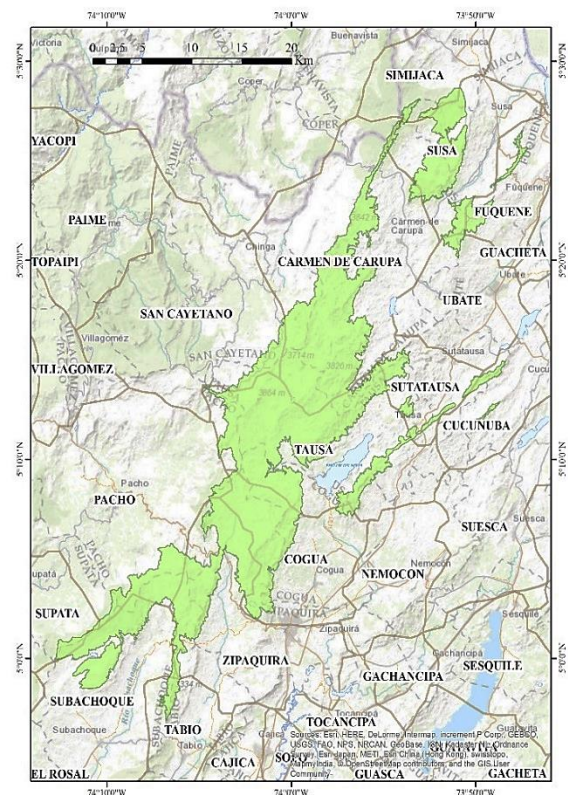
Sin embargo, el Páramo Guerrero lamentablemente ha sido afectado por acciones humanas, especialmente por el establecimiento de actividades productivas de índole agropecuaria y minero que han venido originando áreas de deterioro ambiental siendo necesario implementar metodologías o medidas para la conservación del ecosistema.

Por lo anterior, el presente artículo está enfocado en elaborar un análisis multitemporal para determinar las áreas de afectación y expansión consecuencia de la explotación agropecuaria en el sistema de Páramos Guerrero, realizando la clasificación de uso del suelo para imágenes satelitales Landsat obtenidas de los años de 2001 y 2016 por medio de los software PCI Geomática y ArcGIS.

## 1. ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

El complejo de paramos Guerrero se encuentra ubicado al Norte del departamento Cundinamarca en las zonas altas de los municipios de Zipaquirá, Subachoque, Cogua, Tausa, Carmen de Carupa, Pacho, San Cayetano y Susa con una área aproximada de 43.000 Hectáreas.

Para delimitar la extensión del Páramo, se requirió la información de sus límites al Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt mediante la Infraestructura Institucional de Datos (I2D) quienes son los administradores de la información generada por el Instituto para su uso interno y externo (estudiantes, investigadores, entidades estatales etc.) y es el actual ente de control geográfico del ecosistema.



**Figura 1.** Localización complejo de Páramos Guerrero, Departamento de Cundinamarca

**Fuente:** Elaboración propia

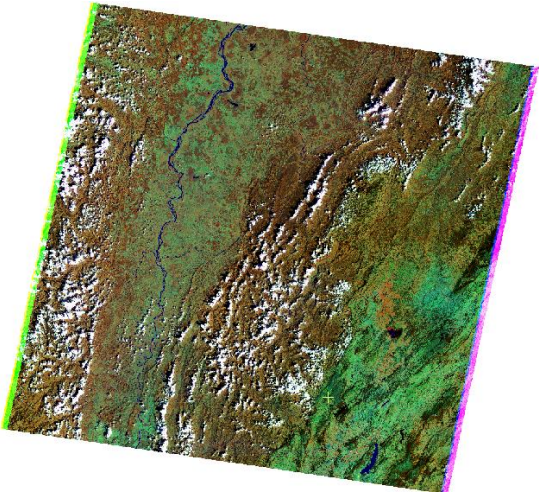
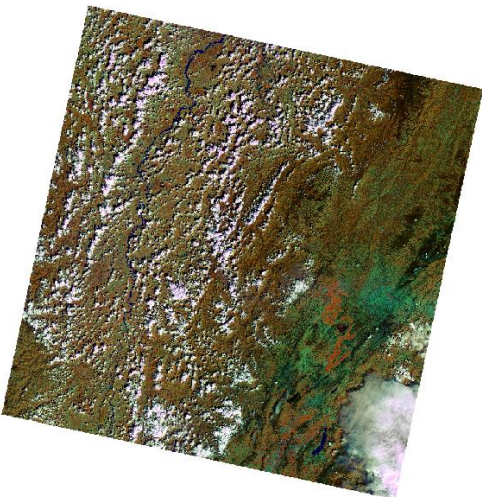
## 2. DATOS

La obtención de las imágenes satelitales se realizó por medio de la página del Geological Survey

utilizando la plataforma Earth Explorer. Para ello, se desarrolló la búsqueda de las imágenes con base en la delimitación de la zona de estudio y correspondientemente la selección de las imágenes fue a partir del cumplimiento de los parámetros de resolución espacial, temporal, radiométrica y espectral necesarios para realizar este estudio.

A continuación se relaciona la información general de cada una de las imágenes satelitales:

**Tabla 1.** Características y vista previa de las imágenes Landsat

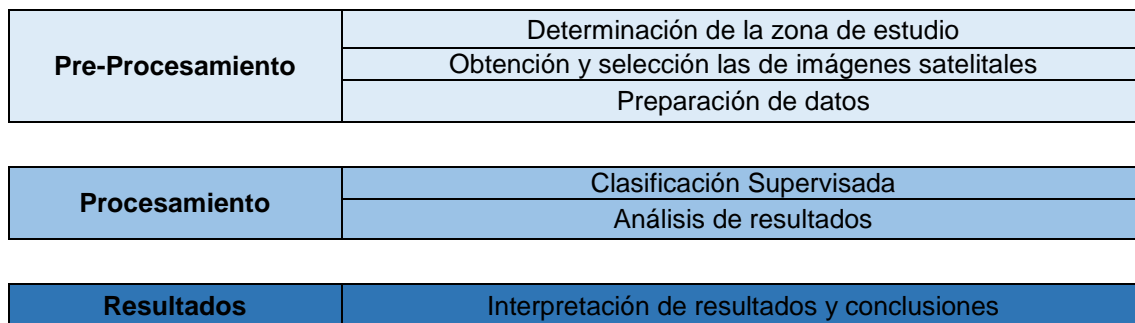
Imagen Landsat 5 TM 2001		Imagen Landsat 8 OLI_TIRS 2016	
<b>Datum</b>	WGS84	<b>Datum</b>	WGS84
<b>Identificador USGS</b>	LT50080562001029XXX01	<b>Identificador USGS</b>	LC80080562016327LGN01
<b>Satélite</b>	Landsat 5	<b>Satélite</b>	Landsat 8
<b>Sensor</b>	TM	<b>Sensor</b>	OLI_TIRS
<b>Numero de bandas</b>	6	<b>Numero de bandas</b>	8
<b>Fecha de toma</b>	2016-12-12T08:07:55Z	<b>Fecha de toma</b>	2017-03-18T00:25:21Z
Vista Previa			
			

### 3. METODOLOGÍA

A continuación se presenta el diagrama utilizado para el desarrollo del presente estudio, contando en primera instancia la determinación del área total de la extensión del ecosistema, la selección de imágenes

satelitales junto con su preparación y finalizando con la clasificación supervisada y el cálculo de áreas para los cultivos transitorios y su evaluación frente a la incidencia dentro del ecosistema.





**Figura 2.** Flujo Metodológico del estudio

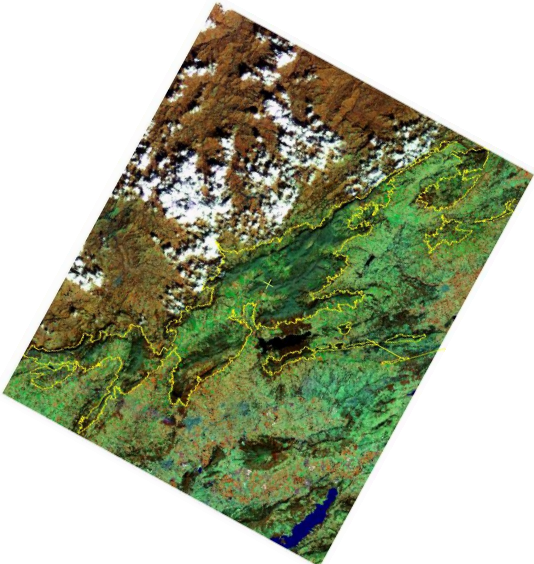
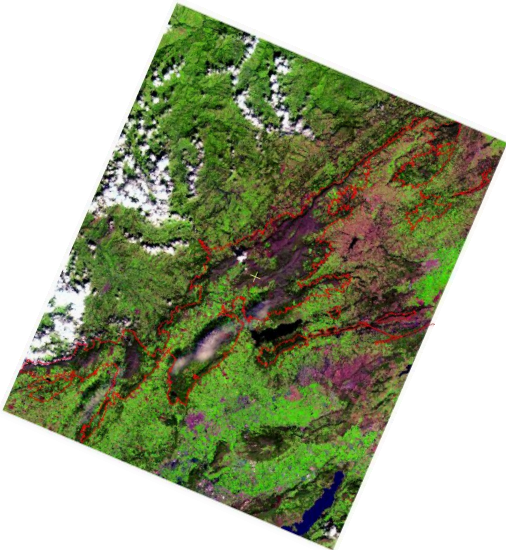
### 3.1 ANÁLISIS DE LA IMÁGENES SATELITALES

Respectivamente cada una de las imágenes satelitales se deben analizar con el objeto de definir el área de estudio, en este caso el complejo de paramos guerrero, y consecuentemente definir la mejor combinación con respecto a la extracción de información que se pretenda realizar.

Para ello, fue necesario recortar las imágenes reduciendo el área de estudio a solo la extensión del páramo.

Así mismo, teniendo en cuenta que las imágenes Landsat por su temporalidad corresponden a dos tipos de sensores diferentes, fue necesario establecer para cada una de las imágenes la combinación perfecta para visualizar de la mejor manera las diferencias entre las coberturas vegetales.

**Tabla 2.** Imágenes satelitales recortadas delimitando la zona de estudio

Imagen Landsat 5 TM 2001		Imagen Landsat 8 OLI_TIRS 2016	
Combinación RGB	4, 5, 3	Combinación RGB	5, 6, 4
Vista Previa			
			

Para la imagen Landsat 5 se optó por seleccionar la combinación RGB 4, 5, 3 (NIR, SWIR 1 y RED) la cual realza los distintos tipos de vegetación con todos verdes y naranjas (cultivos) y además logra con gran detalle delimitar el agua de la tierra.

Por otro lado, para la imagen Landsat 8, se utilizó la combinación RGB 5, 6, 4 la cual es el homólogo para el satélite L5 y consecuentemente permite visualizar los cultivos en tonalidades naranja permitiendo diferenciar este tipo de cobertura de las demás sin ningún problema.

### 3.2 CLASIFICACIÓN SUPERVISADA

La clasificación supervisada se basa inicialmente en el conocimiento de la zona de estudio adquirido mediante trabajos directos en campo o por experiencia previa, ya que este conocimiento le dará pautas al profesional encargado de delimitar sobre la imagen áreas representativas de los distintos tipos de cobertura existentes en la zona, ayudando al software a caracterizar la demás información tomando como referencia aquellas áreas en función de la similitud de sus Niveles Digitales (ND) [4].

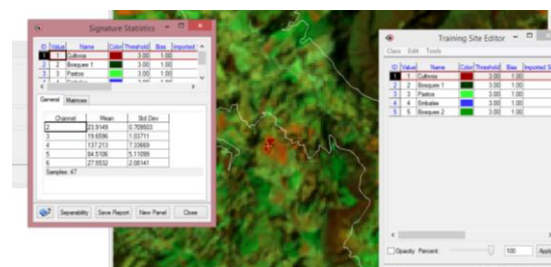
#### 3.2.1 LANDSAT 5 AÑO 2001

Para llevar a cabo la clasificación de la imagen satelital Landsat 5 del año 2001 fue necesario emplear el software PCI Geomatics mediante su extensión *Focus* utilizando la herramienta de clasificación supervisada seguido de seleccionar la combinación de bandas necesaria para la correcta visualización de la

información. Una vez realizado lo anterior, se crean las clases según las coberturas que se identifiquen visualmente en la imagen y se procede a la selección de las áreas de entrenamiento para cada cobertura.

Estas áreas de entrenamiento son muestras que se toman de cada una de las coberturas con el fin de agrupar toda la información de la imagen con respecto a la similitud de la muestra en función de sus ND.

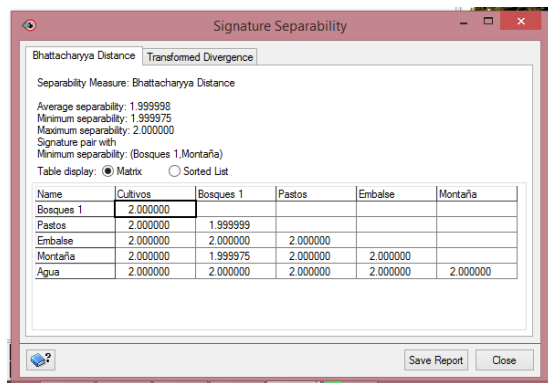
Las coberturas que se definieron para la clasificación de la imagen fueron: 1. Cultivos, 2. Bosques 1, 3. Pastos, 4. Embalse, 5. Montaña y 6. Agua.



**Figura 3.** Clasificación de las coberturas.  
Imagen Landsat 5 TM 2001

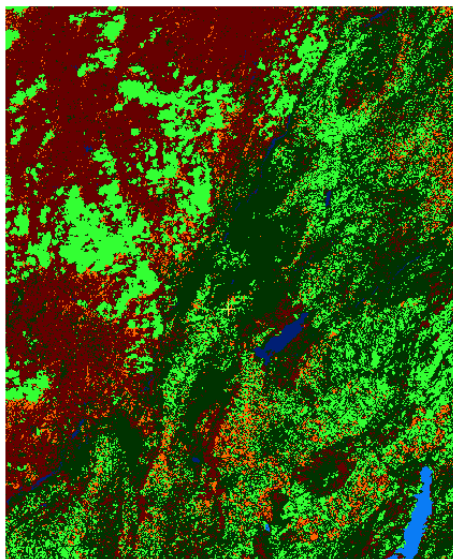
Es importante mencionar que a la hora de realizar la clasificación, se debe tener en cuenta los valores de los ND para asegurar la veracidad en la distinción de los distintos tipos de coberturas. Para ello, el software mediante la matriz de Separability nos permite identificar los rangos de distinción entre cada una de las coberturas según los niveles digitales.

A continuación, podemos observar las coberturas anteriormente descritas además de la matriz de separabilidad donde se evidencia que las coberturas están dentro del rango máximo de separabilidad.



**Figura 4.** Matriz de separabilidad  
Imagen Landsat 5 TM 2001

Luego de obtener las muestras para cada una de las coberturas se procedió a escoger el algoritmo apropiado para ejecutar la clasificación supervisada en la imagen, en este caso se seleccionó Maximun Likelihood o Máxima Verisimilitud ya que este algoritmo asemeja la distribución real de los niveles digitales calculado de la mejor manera el resto de la imagen conforme a las áreas de entrenamiento obteniendo como resultado la figura 5.



**Figura 5.** Clasificación por Máxima verosimilitud  
Imagen Landsat 5 2001

**Fuente:** Elaboración propia

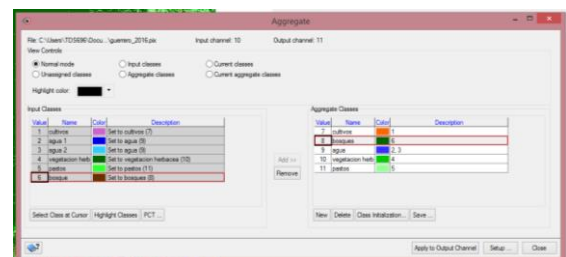
Finalmente se realizó una edición de las clases con el fin de agruparla según la similitud de la cobertura a modo de normalizar la información

concluyendo con la siguiente clasificación según la metodología Corine Land Cover:

1. Bosques
2. Cultivos Transitorios
3. Vegetación Herbácea y/o arbustiva
4. Superficies de Agua
5. Pastos.

### 3.2.2 LANDSAT 8 OLI\_TIRS - 2016

Respectivamente, para la imagen Landsat 8 se realizó la toma de áreas de entrenamiento utilizando la composición RGB 5, 6, 4 para siete clases distintas de coberturas que posteriormente, luego de llevar a cabo la clasificación supervisada mediante el algoritmo de máxima verisimilitud se procedieron a editar a fin de generalizar las coberturas para una mejor identificación obteniendo como resultado la misma clasificación de la imagen Landsat 5.



**Figura 6.** Edición de clases Imagen Landsat 8  
OLI\_TIRS 2016

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Consecuentemente de haber realizado la clasificación de las imágenes satelitales Landsat 5 y 8 para los años 2001 y 2016 correspondientemente, empleamos el software Arcmap para calcular el área de las coberturas. Cabe resaltar que la clasificación para las dos imágenes satelitales tuvieron como prioridad identificar especialmente los cultivos transitorios dentro del complejo de paramos guerrero:

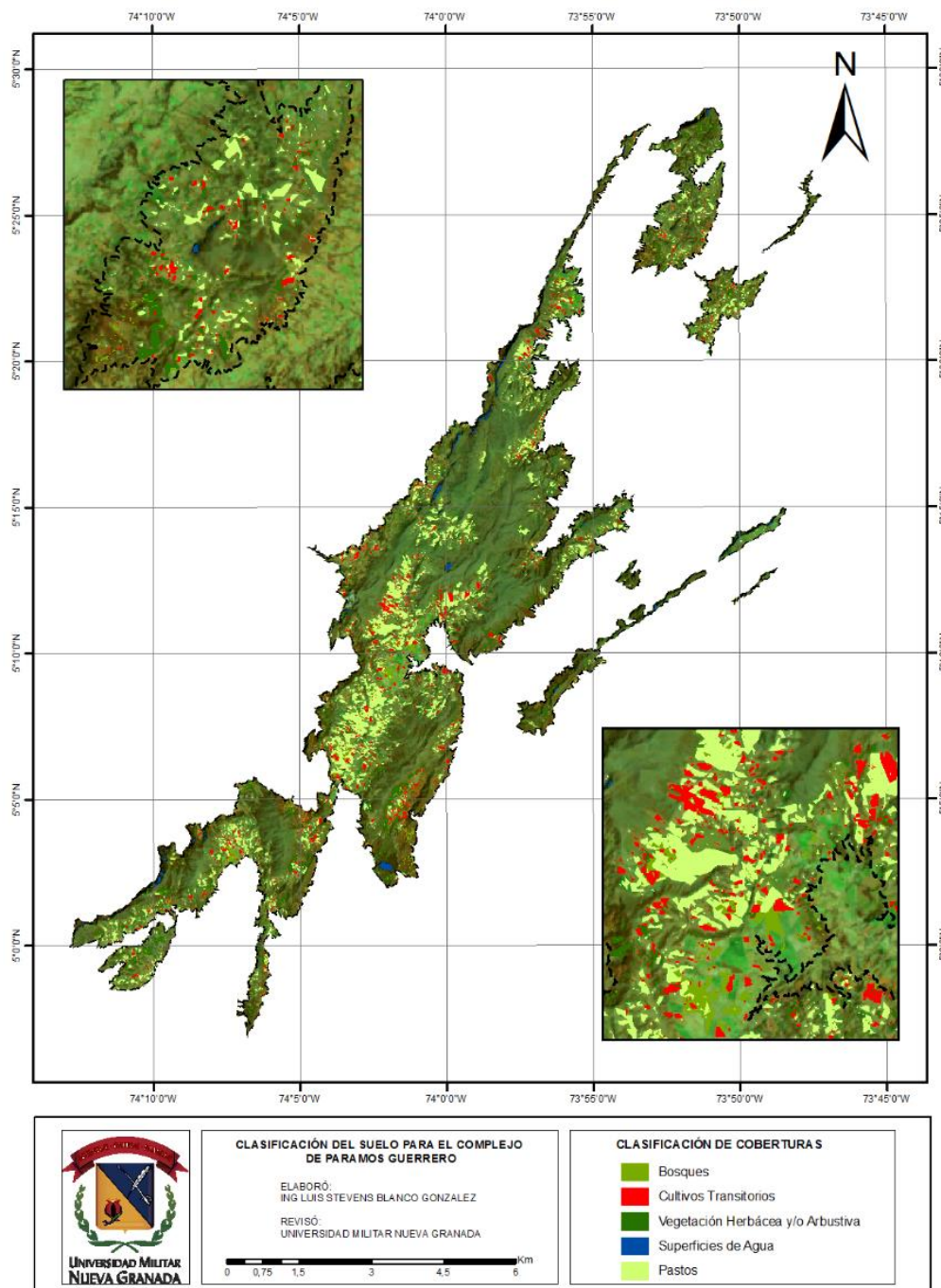


#### 4.1 LANDSAT 5 TM 2001

Para el año 2001 se obtuvo un total de 989.15 hectáreas como resultado de la suma de todas las áreas correspondientes a los polígonos de la cobertura definida como *Cultivos Transitorios*, lo cual quiere decir que alrededor de 2.3% del complejo de

paramos guerrero comprende esta tipología de suelo.

Cabe resaltar que los valores son aproximados y que para obtener más precisión en los resultados es recomendable optar con otro tipo de sensor de captura de la información.



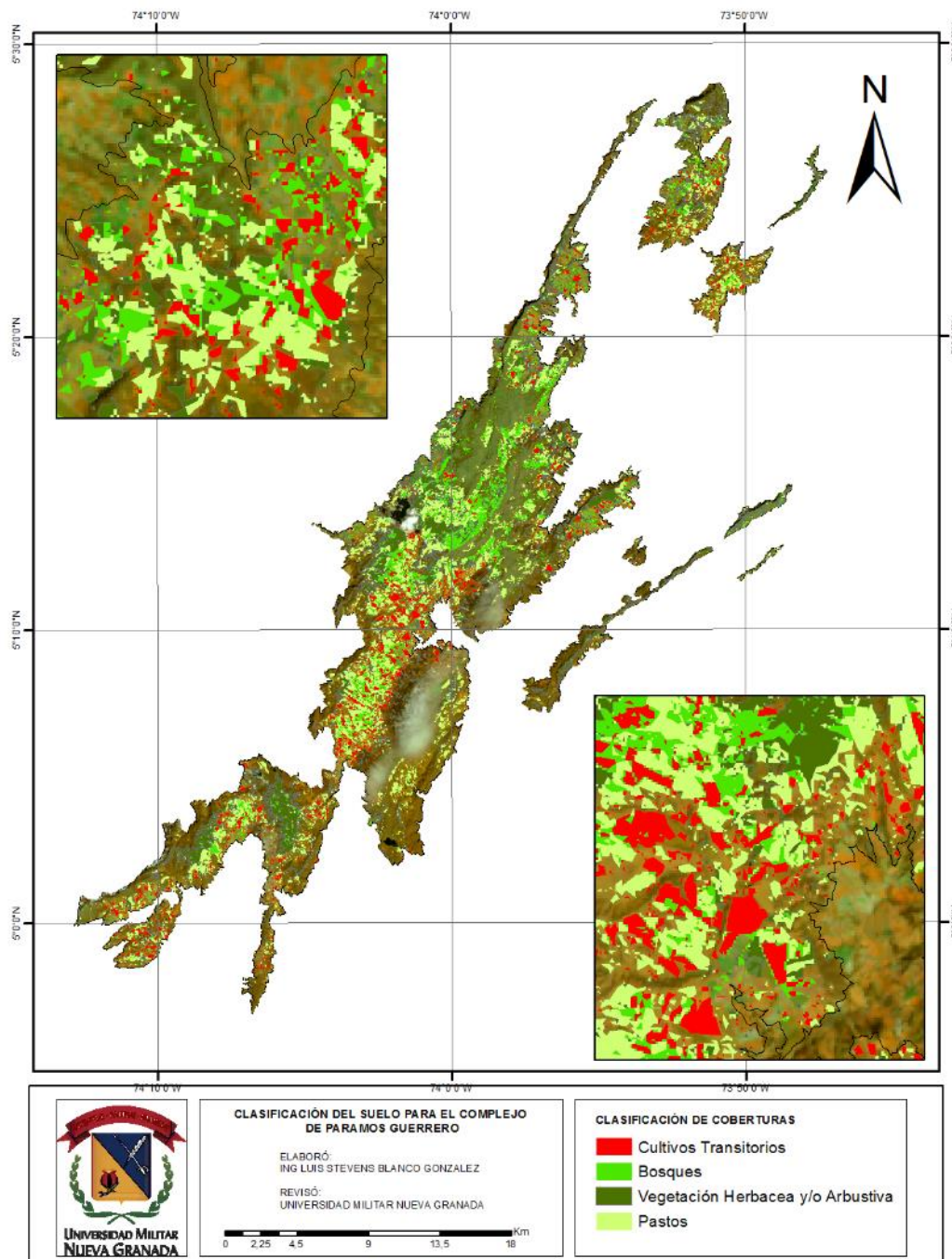
**Figura 6.** Clasificación de coberturas Imagen Landsat 5 2001  
**Fuente:** Elaboración propia

## 4.2 LANDSAT 8 OLI\_TIRS 2016

Consecuentemente, evaluando los resultados de la imagen satelital Landsat 8, obtuvimos un valor total de 1667.36 hectáreas para la cobertura de Cultivos Transitorios, evidenciando el incremento del 1.6% en la cobertura y aproximadamente

sobre los 4% del área total del páramo.

Asi mismo, visualmente el aumento de las áreas por actividades agropecuarias es notable evidenciando el poco control y protección del ecosistema.



**Figura 7.** Clasificación de coberturas Imagen Landsat 8 2016

**Fuente:** Elaboración propia

## 5. CONCLUSIONES

Una vez realizada la clasificación supervisada mediante el software PCI Geomatica para las dos imágenes satelitales Landsat 5 y 8 correspondientemente y comparando la información resultante del proceso mediante Arcmap, es preciso decir que para el año 2001 se contaba con un área de 989.15Ha de cultivos transitorios que posteriormente para el año 2016 tuvo un incremento de 678.21Ha con una cifra total de expansión de 1667.36Ha. Dicho de otra forma, aproximadamente el 4% de la totalidad del área del Páramo está siendo afectada por actividades agropecuarias que evidentemente siguen en incremento causando daños directamente a la fauna y flora nativa del ecosistema, e indirectamente al agua que fluye hacia las partes bajas del territorio y sirven de abastecimiento de la región.

Por otro lado, es notable el avance agropecuario en la región norte del departamento de Cundinamarca, especialmente dentro y fuera del Páramo siendo indiscutible la falta de reglamentación y de políticas por parte de los entes de control y protección del ecosistema, que permitan establecer planes de gestión y acción que mitiguen el incremento de las áreas agrícolas y consecuentemente frenen su expansión.

Consecuencia de lo anterior, es importante generar conciencia bajo la necesidad que tiene el ecosistema para los habitantes de la zona inmediatamente cercana con respecto a la utilización de su recurso hídrico, ya que en lo posible el agua se puede ver contaminada gracias a los cultivos.

Es importante mencionar que para obtener una clasificación del territorio más acertada y precisa, se recomienda realizar visitas de campo con la tecnología adecuada e identificar los diferentes tipos de cobertura en sitio, minimizando los errores por parte del profesional en cargado en realizar el procesamiento de la información a la hora de tomar las muestras de las coberturas. Además, para próximas evaluaciones y estudios en términos de precisión se sugiere también utilizar información captada por otros satélites con mejores características de resolución espacial o utilizando fotografías aéreas.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Indudablemente al ser que me hizo cambiar de vida... enseñándome a ser menos humano y a disfrutar de las pequeñeces de la vida.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Cuatrecasas, J. (1958). Aspectos de la Vegetación Natural en Colombia. En J. Cuatrecasas, *Aspectos de la Vegetación Natural en Colombia* (págs. 221-268). Bogotá: Voluntad.
- [2] Pombo, D. (1989). Identificación de Prioridades para la Gestión Ambiental en Ecosistemas de Páramos, Sabanas, Zonas Áridas y Humedales de agua dulce. En D. Pombo, *Identificación de Prioridades para la Gestión*

*Ambiental en Ecosistemas de Páramos, Sabanas, Zonas Áridas y Humedales de agua dulce.* Bogotá: Geoingeniería - MMA.

- [3] M, M. (2013). Atlas de Paramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. En O. J. Morales M, *Atlas de Paramos de Colombia.*

*Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.* (pág. 208). Bogotá: IAVH.

- [4] Chuvieco, E. (2010). Fundamentos de Teledetección Espacial. En E. Chuvieco, *Fundamentos de Teledetección Espacial* (págs. 389-393). Barcelona, España: Ariel Ciencia.